

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ))



Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
высшего образования - программы бакалавриата
по направлению подготовки
15.03.06 Мехатроника и робототехника,
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)
Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Компьютерный инжиниринг и прототипирование

Направление подготовки: 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль): Автоматизация и роботизация
технологических процессов

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде
электронного документа выгружена из единой
корпоративной информационной системы управления
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)
ID подписи: 610876
Подписал: заведующий кафедрой Григорьев Павел
Александрович
Дата: 01.06.2025

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями дисциплины (модуля) является:

- формирование навыков применения математического моделирования и компьютерного анализа в инженерных расчетах;
- освоение современных технологий компьютерного проектирования (CAD/CAM/CAE) и прототипирования (3D-печать, лазерная резка, ЧПУ);
- развитие умений работы с нормативной документацией и стандартами в области цифрового проектирования;
- изучение принципов разработки алгоритмов и программного обеспечения для управления робототехническими системами;
- формирование компетенций в области автоматизированного проектирования и оптимизации инженерных решений.

Задачами дисциплины (модуля) является:

- изучение основ математического моделирования и численных методов для решения инженерных задач;
- освоение современных CAD-систем для проектирования деталей и сборок;
- применение методов конечно-элементного анализа (FEA) и компьютерного инжиниринга (CAE) для проверки прочности и оптимизации конструкций;
- изучение технологий аддитивного производства (3D-печать) и субтрактивного производства (ЧПУ, лазерная резка);
- разработка алгоритмов управления для робототехнических систем с использованием программных сред;
- анализ нормативно-технической документации (ГОСТ, ISO) при проектировании и прототипировании;
- использование облачных технологий и цифровых платформ для совместной инженерной работы;
- развитие навыков критического анализа информации и выбора оптимальных технологий проектирования;
- практическое применение системного подхода при решении комплексных задач компьютерного инжиниринга;
- отработка навыков презентации и защиты проектов с использованием цифровых инструментов визуализации.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

ОПК-1 - Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности;

ОПК-4 - Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.;

ОПК-5 - Способен работать с нормативно-технической документацией, связанной с профессиональной деятельностью, с учетом стандартов, норм и правил;

ОПК-11 - Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем;

УК-1 - Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

Знать:

- основы математического моделирования и численных методов в инженерных расчетах;
- принципы работы современных CAD/CAM/CAE-систем и технологий цифрового производства;
- нормативные требования и стандарты в области компьютерного проектирования (ГОСТ, ISO);
- алгоритмы и методы программирования для управления робототехническими системами;
- технологии аддитивного и субтрактивного производства (3D-печать, ЧПУ, лазерная резка).

Уметь:

- применять методы математического моделирования для решения инженерных задач;
- использовать CAD-системы для проектирования и CAE-системы для инженерного анализа;

- работать с нормативной документацией и оформлять техническую документацию;
- разрабатывать простые алгоритмы управления для мехатронных и робототехнических систем;
- выбирать и применять технологии прототипирования в зависимости от поставленных задач.

Владеть:

- навыками работы с профессиональным ПО для компьютерного инжиниринга;
- методами оптимизации конструкций на основе результатов компьютерного моделирования;
- технологиями подготовки и обработки данных для систем цифрового производства;
- навыками программирования для автоматизации инженерных расчетов и управления системами;
- методами системного анализа и оценки эффективности проектных решений.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 8 з.е. (288 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов				
	Всего	Семестр			
		№1	№2	№3	№4
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	128	32	32	32	32
В том числе:					
Занятия семинарского типа	128	32	32	32	32

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 160 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

4. Содержание дисциплины (модуля).

4.1. Занятия лекционного типа.

Не предусмотрено учебным планом

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Интерфейс КОМПАС-3D (чертеж, фрагмент, деталь, сборка, спецификация) Студенты должны освоить базовые принципы работы в среде КОМПАС-3D, изучить основные типы документов и их назначение. В ходе выполнения задания необходимо: познакомиться с интерфейсом программы (панели инструментов, меню, настройки), разобрать различия между типами документов (чертеж, фрагмент, деталь, сборка, спецификация), создать простые примеры каждого типа документа, научиться переключаться между режимами работы и настраивать рабочую среду. По итогам выполнения лабораторной работы студенты будут: четко понимать назначение и различия между основными типами документов, свободно ориентироваться в интерфейсе КОМПАС-3D, уметь создавать и сохранять документы различных типов, владеть базовыми навыками настройки рабочей среды, иметь фундаментальную основу для дальнейшего освоения функционала системы.
2	Базовые инструменты 2D черчения КОМПАС-3D (эскиз, точка, линия, окружность, сплайн) Студенты должны освоить основные инструменты создания 2D-эскизов в системе КОМПАС-3D, включая: создание и настройку эскиза, построение базовых геометрических примитивов (точка, линия, окружность, дуга), использование сплайнов для создания сложных криволинейных форм, применение размеров и геометрических зависимостей для точного черчения. По итогам выполнения лабораторной работы студенты научатся создавать 2D-эскизы с использованием основных инструментов КОМПАС-3D, овладеют навыками построения простых и сложных геометрических форм, смогут применять размерные и геометрические зависимости для точного черчения, получают базовые компетенции, необходимые для дальнейшего изучения 3D-моделирования и инженерного проектирования.
3	Работа с плоскостями и массивами Студенты должны освоить методы работы с дополнительными плоскостями и создания массивов элементов в КОМПАС-3D, включая: создание и настройку пользовательских плоскостей для построения эскизов и элементов, использование прямоугольных и круговых массивов для тиражирования объектов, управление параметрами массивов (количество элементов, шаг, угловое распределение), применение полученных навыков для построения сложных 3D-моделей.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	По итогам выполнения лабораторной работы студенты научатся создавать и настраивать вспомогательные плоскости для различных задач моделирования, овладеют методами построения массивов (линейных и круговых) для быстрого тиражирования элементов, смогут применять изученные инструменты для оптимизации процесса 3D-проектирования, получат навыки, необходимые для создания более сложных и точных 3D-моделей.
4	Обзор элементов «Выдавливание», «Вырезать выдавливанием», задание условий Студенты должны освоить базовые операции твердотельного моделирования в КОМПАС-3D, научиться создавать объемные тела с помощью операций выдавливания и вырезания, а также управлять параметрами этих операций. По итогам выполнения лабораторной работы студенты обретут компетенции самостоятельно создавать простые объемные детали, выполнять основные операции модификации моделей, управлять параметрами построения с помощью формул и условий, применять полученные навыки для решения типовых задач инженерного проектирования.
5	Обзор элементов «Вращение», «Вырезать вращением», задание условий Студенты должны освоить технологии создания тел вращения и выполнения операций вырезания вращением, научиться управлять параметрами этих операций с помощью условий и зависимостей. По итогам лабораторной работы студенты осваивают технологии для проектирования механических передач, корпусных деталей, трубопроводной арматуры и других типовых элементов машин.
6	Обзор элементов «По траектории», «Вырезать по траектории», задание условий Студенты должны освоить технологии создания сложных пространственных форм с помощью операций выдавливания и вырезания по траектории, научиться управлять параметрами этих операций с использованием условий и зависимостей. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат технологии для проектирования трубопроводов, литейных форм, дизайнерских элементов и других сложных пространственных конструкций.
7	Выбор материала модели из библиотеки «Материалы и сортаменты» Студенты должны освоить методику выбора и назначения материалов для 3D-моделей, изучить возможности библиотеки материалов КОМПАС-3D и принципы работы с сортаментами. По итогам выполнения лабораторной работы студенты получают навыки для создания корректных расчетных моделей, подбора аналогов и оптимизации конструкций по критерию "масса-прочность".
8	Методы проектирования сборок в КОМПАС-3D Студенты должны освоить методы создания и управления сборками, включая добавление компонентов, применение сопряжений и анализ собираемости конструкции. По итогам выполнения лабораторной работы студенты приобретут навыки работы со сборками для проектирования механизмов, приборов и сложных изделий, обеспечивая корректную работу конструкции и возможность последующего кинематического анализа.
9	Общие сведения о библиотеке «Стандартные изделия» Студенты должны изучить структуру и функционал библиотеки стандартных изделий, научиться подбирать и вставлять стандартные крепежные элементы (болты, гайки, шайбы и др.), а также настраивать их параметры в соответствии с требованиями чертежа. По итогам выполнения лабораторной работы студенты приобретут: знание состава и классификации стандартных изделий в библиотеке, умение находить и вставлять стандартные крепежные элементы в сборку, навыки настройки параметров стандартных деталей (размер, материал, исполнение), опыт работы с таблицами стандартов и нормативной документацией.
10	Проектирование деталей типа "вал" используя встроенные библиотеки Студенты должны освоить технологию проектирования типовых деталей вращения (валов) с применением стандартизированных элементов из библиотек компонентов. По итогам выполнения лабораторной работы студенты осваивают параметрическое моделирование валов, применение стандартных элементов из библиотек, оптимизацию процесса проектирования типовых деталей.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
11	Проектирование деталей зубчатой передачи используя встроенные библиотеки Студенты должны освоить методику проектирования зубчатых передач (цилиндрических, конических, червячных) с применением стандартизованных решений из библиотек компонентов. По итогам выполнения лабораторной работы студенты осваивают создание параметрических моделей зубчатых колес, формирование корректных зубчатых зацеплений, использование стандартных решений для ускорения проектирования.
12	Параметрическое моделирование Студенты должны освоить принципы параметрического проектирования для создания адаптивных 3D-моделей с управляемыми характеристиками. По итогам выполнения лабораторной работы студенты научатся создавать универсальные модели с изменяемой геометрией, автоматизировать процесс модификации конструкций, оптимизировать детали под различные условия эксплуатации, сокращать время на проектирование типовых изделий
13	Работа с APM FEMM, проведение прочностного расчета детали Студенты должны освоить методы конечно-элементного анализа (КЭА) в программе APM FEM (или аналогичной CAE-системе) для оценки прочности, жесткости и устойчивости деталей под нагрузкой. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат проверку надежности конструкции до изготовления, оптимизировать геометрию детали, предупреждать возможные разрушения и деформации, сокращать затраты на испытания физических прототипов.
14	Проведение топологической оптимизации Студенты должны освоить методы автоматизированного улучшения конструкции детали с учетом заданных нагрузок, условий работы и ограничений (масса, прочность, жесткость). По итогам выполнения лабораторной работы студенты научатся проводить топологическую оптимизацию в CAD/CAE-системах, анализировать и дорабатывать полученные конструкции, применять оптимизированные формы в аддитивном производстве, оформлять отчеты с обоснованием изменений.
15	Оформление чертежей Студенты должны научиться создавать стандартизованные чертежи деталей в соответствии с ГОСТ, включая виды, разрезы, размеры и технические требования. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат создание рабочих чертежей деталей в КОМПАС-3D, применение ГОСТов и ЕСКД, чтение и редактирование сторонних чертежей, подготовку документации для реального производства.
16	Оформление сборочных чертежей Студенты должны научиться создавать сборочные чертежи (СБ) в соответствии с ГОСТ, включая изображение узла, спецификацию, номера позиций и технические требования. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат оформление сборочных чертежей (СБ), обозначения взаимодействия деталей, составление спецификации.
17	Классификация аддитивных технологий Студенты должны изучить основные виды 3D-печати, их принципы, материалы и области применения. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат классификацию аддитивных технологий в соответствии с ГОСТ, научатся выбирать оптимальный метод для конкретной задачи, снижать себестоимость прототипирования, использовать преимущества каждого метода (точность, скорость, прочность).
18	Кинематика принтеров. Обзор и анализ Студенты должны изучить типы кинематических схем 3D-принтеров и их влияние на точность печати. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат плюсы/минусы разных систем кинематики 3D-принтеров, приобретут навыки диагностики механических проблем, диагностики проблем печати (вибрации, люфты), выбирать принтер под конкретные требования.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
19	Факторы, влияющие на FDM 3D печать Студенты должны изучить ключевые параметры, определяющие качество FDM-печати, и их взаимосвязь. По итогам выполнения лабораторной работы студенты научатся оптимизировать качество изделий, снижать процент брака, выбирать оптимальные режимы печати, навыки диагностики дефектов печати, умение подбирать параметры под конкретную модель, понимание причинно-следственных связей в процессе печати.
20	Пуско-наладочные работы FDM 3D принтеров Студенты должны освоить процедуры подготовки принтера к работе и базового обслуживания. По итогам выполнения лабораторной работы студенты приобретут умение самостоятельно готовить принтер к работе, навыки базового ремонта и обслуживания, понимание принципов работы FDM-оборудования.
21	Логика моделирования при FDM 3D печати Студенты должны изучить принципы проектирования моделей с учетом особенностей FDM-технологии. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат оптимальные методики проектирования моделей для печати, минимизирующие использование поддержек, сохраняющие функциональность.
22	Слайсеры и подготовка моделей на 3D печать Студенты должны освоить процесс преобразования 3D-моделей в G-код с использованием слайсеров и оптимизировать параметры печати. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат работу с популярными слайсерами, умение выбирать оптимальные параметры печати, способность анализировать и корректировать G-код.
23	Материалы, применяемые при FDM 3D печати Студенты должны изучить свойства и особенности различных материалов, используемых в FDM-печати. По итогам выполнения лабораторной работы студенты научатся подбирать оптимальный материал для конкретных задач, обеспечивает понимание ограничений и возможностей материалов, снижает риск неудач при печати.
24	Постобработка деталей, полученных при FDM 3D печати Студенты должны освоить методы финишной обработки напечатанных деталей для улучшения их свойств и внешнего вида. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат методики профессиональной постобработки деталей, умение выбирать оптимальный метод для конкретного материала, способность улучшать функциональные и декоративные свойства изделий.
25	Распространенные дефекты деталей, полученных при FDM 3D печати Студенты должны научиться идентифицировать, анализировать и устранять типичные дефекты FDM-печати. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат алгоритмы устранения проблем, методы профилактики дефектов, снижение процента брака при печати, оптимизация времени и ресурсов, повышение качества готовых изделий.
26	Материалы фотополимерной 3D печати Студенты должны изучить свойства и области применения фотополимерных смол. По итогам выполнения лабораторной работы студенты научатся выбирать оптимальный материал для конкретных задач, предупреждение ошибок при печати, обеспечение безопасности работы.
27	Пуско-наладочные работы и техническое обслуживание фотополимерного принтера Студенты должны освоить процедуры калибровки и обслуживания SLA/DLP/LCD-принтеров.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат Навыки точной калибровки, технология замены расходников, методы диагностики неисправностей.
28	Техника безопасности при работе с фотополимерными принтерами. Студенты должны изучить правила безопасной работы с фотополимерными смолами и оборудованием, минимизировать риски для здоровья и окружающей среды. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат Знание нормативных документов (ГОСТ 12.3.030-83), навыки безопасной работы на всех этапах печати, алгоритмы действий при аварийных ситуациях.
29	Постобработка деталей, полученных при фотополимерной печати Студенты должны освоить технологии финишной обработки SLA/DLP/LCD-деталей для достижения требуемых свойств. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат Доведение деталей до товарного вида, улучшение механических характеристик, подготовка к покраске или гальванике.
30	Работа со слайсерами для фотополимерных принтеров (интерфейс, настройки) Студенты должны научиться готовить 3D-модели к печати с учетом особенностей SLA/DLP/LCD-технологий. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат популярные слайсеры для фотополимерной печати, научатся подбирать настройки для минимизации брака при печати, оптимизация расхода материалов, обеспечение точности размеров, умение анализировать и корректировать G-код, оптимизация времени/качества печати.
31	Особенности 3D печати на фотополимерных принтерах Студенты должны изучить технологические нюансы SLA/DLP/LCD-печати, отличающие её от других аддитивных методов. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат технологии для точных деталей, оптимизации производственного процесса, понимание физико-химических основ процесса, навыки адаптации моделей под SLA/DLP/LCD, умение выбирать оптимальные режимы печати.
32	Факторы, влияющие на точность фотополимерной 3D печати Студенты должны выявлять и научиться контролировать параметры, влияющие на геометрическую точность. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат основы диагностики причин неточностей, методики калибровки оборудования, приёмы проектирования с учётом усадки, калибровка по тестовым образцам, термостабилизация рабочей зоны, использование компенсационных коэффициентов.
33	Обозначения графические материалов и правила их нанесения на чертежах Студенты должны освоить стандартизированные способы указания материалов на чертежах. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат чтение и создание обозначений по ГОСТ, навыки работы в CAD-системах (слои, библиотеки), понимание технологической логики обозначений.
34	Виды и комплектность конструкторских документов. Студенты должны изучить систему конструкторской документации согласно ЕСКД/ГОСТ, включая состав и назначение различных видов документов. По итогам выполнения лабораторной работы студенты научатся обеспечению полноты проектной документации, соответствующие требованиям производства, унификации и стандартизации разработки, умению формировать полный комплект КД, навыки работы с ГОСТ 2.102-2013, понимание иерархии документов.
35	Квалитеты, допуски и посадки. Студенты должны освоить систему допусков и посадок для обеспечения взаимозаменяемости деталей. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат расчет допусков и посадок, приобретут навыки выбора квалитетов точности, оптимизацию выбора технологических процессов,

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	навыки выбора допусков по ГОСТ 25346-2013, умение расшифровывать обозначения посадок, понимание принципов взаимозаменяемости.
36	Реверс-инжиниринг. Основные инструменты Студенты должны изучить методы и инструменты для обратного проектирования существующих изделий. По итогам выполнения лабораторной работы студенты приобретут навыки восстановления утраченной документации, модернизации устаревшего оборудования, анализа конкурентной продукции, владение ПО для обработки облака точек, методики создания параметрических моделей.
37	Основы работы с 3D сканированием (принцип действия, виды, особенности) Студенты должны изучить принципы работы, виды и особенности 3D-сканирования для оцифровки физических объектов. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат контроль качества изготовленных деталей, создание CAD-моделей по реальным объектам, понимание принципов работы 3D-сканеров, навыки выбора метода сканирования под задачу, умение подготавливать объекты для оцифровки.
38	Обработка сканированных деталей и получение CAD модели Студенты должны освоить процесс преобразования данных 3D-сканирования в параметрическую CAD-модель. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат корректировку геометрии для производства, создание цифровых двойников, приобретут навыки обработки облака точек, создание параметрических моделей по сканам, и научатся верифицировать точность реконструкции.
39	Основы работы с микроконтроллером Arduino (основные функции, операторы, синтаксис) Студенты должны освоить базовые принципы программирования микроконтроллеров на платформе Arduino. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат прототипирование электронных устройств, автоматизацию простых процессов, написание простых программ для Arduino, подключение и настройка датчиков, понимание основ микропроцессорной техники.
40	Работа с базовыми датчиками (потенциометр, теропара, энкодер, фоторезистор, ИК-датчик, УЗ-датчик) Студенты должны освоить методы подключения и программирования ключевых типов датчиков для сбора данных и управления системами. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат создание систем мониторинга параметров среды, разработку автоматизированных устройств, основы для IoT-проектов, навыки калибровки датчиков, умение обрабатывать различные типы сигналов, создание простых систем с обратной связью.
41	Аналоговые входы и выходы в Arduino, ESP32, Raspberry Pi Студенты должны изучить работу с аналоговыми сигналами на популярных платформах. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат программирование обработки сигналов, подключение внешних АЦП для Raspberry Pi.
42	Цифровые входы и выходы в Arduino, ESP32, Raspberry Pi Студенты должны изучить принципы работы цифровых интерфейсов популярных микроконтроллерных платформ, освоят методы подключения и управления внешними устройствами. По итогам выполнения лабораторной работы студенты освоят настройку GPIO через регистры и высокоуровневые библиотеки, работу с различными протоколами (1-Wire, PWM, эмуляция протоколов), особенности мультиплексирования выводов на ESP32, реализации обработки прерываний с различными триггерами, создания интерфейсов управления для периферии, отладки проблем с уровнями напряжений и нагрузочной способностью.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
43	Изучение работы сервоприводов Студенты должны изучить принцип работы сервоприводов, их конструктивные особенности, основные характеристики и способы управления. В ходе выполнения задания необходимо собрать схему с сервоприводом, запрограммировать его на выполнение заданных действий и проанализировать работу системы. По итогам выполнения лабораторной работы студенты приобретут: понимание устройства и принципа действия сервоприводов, знание основных параметров сервоприводов (момент, скорость, угол поворота, точность позиционирования), навыки подключения сервопривода к микроконтроллеру (Arduino, Raspberry Pi и др.), умение программировать сервопривод для выполнения различных режимов работы (позиционирование, плавное движение, управление по сигналу), опыт отладки и тестирования сервоприводных систем, понимание областей применения сервоприводов в робототехнике, автоматике и мехатронных системах.
44	Передача данных по SPI шине и I2C Студенты должны изучить протоколы межмикросхемной связи для работы с периферийными устройствами. По итогам выполнения лабораторной работы студенты приобретут навыки работы с осциллографом для анализа сигналов, оптимизация скорости передачи данных, отладка проблем с шинами.
45	АЦП и ЦАП в Arduino, ESP32, Raspberry Pi Студенты должны изучить принципы аналого-цифрового (АЦП) и цифро-аналогового (ЦАП) преобразования на популярных микроконтроллерных платформах. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат принципы аналого-цифрового (АЦП) и цифро-аналогового (ЦАП) преобразования на популярных микроконтроллерных платформах. Задание формирует ключевые навыки для работы с аналоговой электроникой, необходимыми в робототехнике, IoT и автоматизации, навыки работы с АЦП/ЦАП на разных платформах, умение фильтровать и обрабатывать аналоговые сигналы, подключение внешних модулей для повышения точности, применение в реальных проектах (датчики, управление).
46	Взаимодействие микроконтрольной и микропроцессорной техники. Передача данных по UART Студенты должны освоить принципы последовательной связи между микроконтроллерами и периферийными устройствами через интерфейс UART. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат организацию обмена данными между устройствами, подключение датчиков и модулей (GPS, GSM), отладка программ через последовательный порт, обработка прерываний при приеме данных, решение проблем с синхронизацией.
47	Управление платой ESP32 через Интернет Студенты должны научиться подключать ESP32 к сети Интернет и управлять им удаленно. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат основы работы с Wi-Fi на ESP32, создание веб-сервера на микроконтроллере, интеграция с облачными платформами.
48	Применение Bluetooth BLE платы ESP32 Студенты должны освоить технологию Bluetooth Low Energy для беспроводной связи с мобильными устройствами. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат создание носимых устройств, энергоэффективных датчиков, взаимодействие со смартфонами.
49	Работа с широтно-импульсной модуляцией Студенты должны освоить принципы генерации и применения ШИМ-сигналов для управления электронными устройствами. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат настройку ШИМ на различных платформах, расчет параметров сигнала для конкретных задач, фильтрация ШИМ для получения аналогового сигнала.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
50	Основы схемотехники Студенты должны изучить базовые принципы проектирования электронных схем. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат расчет простых схем (делители, фильтры), сборка макетов на макетной плате, понимание принципов работы электронных устройств.
51	Основы работы с системами LIDAR Студенты должны освоить принципы работы и применения лазерных сканеров для измерения расстояний. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат настройку и калибровку LIDAR, обработку данных сканирования.
52	Основы навигации робототехнических комплексов (инерциальные системы, SLAM) Студенты должны изучить методы навигации мобильных роботов с использованием инерциальных систем (IMU) и SLAM (Simultaneous Localization and Mapping). По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат автономное перемещение роботов в неизвестной среде, построение карт помещений, навыки калибровки IMU-датчиков, работа с SLAM-алгоритмами, построение 2D/3D-карт среды.
53	Машинное зрение на базе Raspberry Pi определение формы и цвета объектов Студенты должны научиться распознавать форму и цвет объектов с помощью камеры и библиотек компьютерного зрения. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат сортировку объектов на конвейере, детектирование дорожных знаков, роботы, взаимодействующие с окружением.
54	Машинное зрение на базе Raspberry Pi определение координат объектов выбранного цвета в кадре Студенты должны научиться определять координаты объектов выбранного цвета в кадре и преобразовывать их в систему координат робота. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат точное позиционирование робота-манипулятора, автономная навигация по цветовым меткам, детекция целей в робототехнических соревнованиях.
55	Тестирование источников питания Студенты должны научиться проверять и анализировать параметры источников питания (стабилизаторы напряжения, аккумуляторы, блоки питания) для обеспечения надежной работы электронных устройств. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат вольт-амперные характеристики различных источников питания, оптимизацию энергопотребления устройств, выбор подходящего источника питания для проекта.
56	IoT на базе Raspberry Pi Студенты должны создать IoT-устройство на Raspberry Pi с передачей данных в облако и удаленным управлением. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат настройку IoT-устройства на Raspberry Pi, работа с облачными сервисами, создание простого веб-интерфейса.
57	Системы обратной связи для приводов Студенты должны изучить методы контроля положения и скорости исполнительных механизмов с использованием датчиков обратной связи. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат методики повышения точности позиционирования приводов, стабилизацию скорости двигателей, защиту от перегрузок.
58	Изучение работы шаговых двигателей Студенты должны изучить принцип действия, основные характеристики и методы управления шаговыми двигателями. В ходе лабораторной работы будет выполнена сборка управляемой системы с шаговым двигателем, программирование контроллера и экспериментальное исследование

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	рабочих режимов. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат: конструктивные особенности и типы шаговых двигателей (биполярные, униполярные, гибридные), принцип дискретного углового перемещения ротора, основные характеристики: шаг дискретности, момент удержания, скорость вращения, методы управления (полношаговый, полушаговый, микрошаговый режимы), подключение двигателя к драйверу и микроконтроллеру.
59	Изучение работы коллекторных и бесколлекторных двигателей Студенты должны изучить принцип действия, конструктивные особенности, характеристики и методы управления коллекторных (DC) и бесколлекторных (BLDC) двигателей. В ходе лабораторной работы будет выполнено сравнение их рабочих параметров, исследование систем управления и анализ областей применения. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат: устройство и принцип работы коллекторных двигателей постоянного тока, конструкцию и особенности бесколлекторных двигателей, основные характеристики: КПД, момент, скорость, управляемость, принцип векторного управления BLDC-двигателями, подключение двигателей к контроллерам и источникам питания.
60	Изучение работы с системами спутниковой навигации (GPS) Студенты должны изучить принципы работы глобальных навигационных спутниковых систем (GNSS), их аппаратные и программные компоненты. В ходе практических занятий будет выполнена настройка GPS-приемников, обработка навигационных данных и разработка простых трекинговых приложений. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат: архитектуру и принципы работы GPS и ГЛОНАСС, форматы навигационных сообщений (NMEA-0183), факторы, влияющие на точность позиционирования, основные характеристики GNSS-приемников, подключение и настройку GPS-модулей (UART, I2C интерфейсы), методы обработки сырых навигационных данных.
61	Использование GSM в робототехнических устройствах Студенты должны изучить принципы работы GSM-сетей, архитектуру современных GSM/GPRS-модулей и их применение в робототехнических системах. В ходе лабораторной работы будет выполнена настройка GSM-модуля, программирование обмена данными и реализация системы удалённого мониторинга и управления. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат: основы сотовой связи (GSM/GPRS/LTE технологии), подключение и конфигурирование GSM-модулей через UART/AT-команды, разработки системы удалённого управления роботом.
62	Изучение работы беспроводных систем управления малой дальности Студенты должны изучить принципы работы, проектирования и оптимизации беспроводных систем управления малой дальности (до 100 м). По итогам выполнения лабораторной работы студенты должны изучить технологии RF-связи (433 МГц, 2.4 ГГц, Zigbee), методы модуляции и кодирования сигналов, факторы, влияющие на дальность и помехоустойчивость, разработки каналов управления для роботов/дронов.
63	Проектирование и сборка телеметрии для управления мехатронного манипулятора Студенты должны разработать систему сбора и передачи данных для управления манипулятором. По итогам выполнения лабораторной работы студенты спроектируют и соберут экспериментальную установку с передачей данных через Wi-Fi, с визуализации телеметрии (Python) и обратной связи по положению/нагрузке.
64	Современные методы улучшения системы управления аккумуляторами (BMS) Студенты должны исследовать алгоритмы управления аккумуляторными батареями. По итогам выполнения лабораторной работы студенты изучат: архитектуру и работу BMS (балансировка, SOC/SOH estimation), алгоритмы (кулоновский подсчёт, EKF, нейросетевые модели), защитные механизмы (OV/UV, thermal runaway), систему мониторинга Li-ion/LiPo батарей, моделирование в PLECS/Simulink, интеграцию с зарядными станциями.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Текущая подготовка к лабораторным работам.
2	Подготовка к контрольной работе.
3	Подготовка к промежуточной аттестации.
4	Подготовка к текущему контролю.

4.4. Примерный перечень тем контрольных работ

1. Создать чертеж вала с указанием размеров по ГОСТ
2. Построить 2D-эскиз фланца с отверстиями под крепеж
3. Разработать 3D-модель гайки с резьбой M12
4. Спроектировать сборку "Вал-ступица" с применением сопряжений
5. Создать параметрическую модель шестерни ($m=2$, $z=20$)
6. Построить эскиз кронштейна с фасками и радиусными переходами
7. Разработать чертеж пластины с техническими требованиями по ГОСТ
8. Создать 3D-модель корпусной детали с операциями выдавливания и вырезания
9. Построить 3D-модель вала со шпоночным пазом
10. Спроектировать сборку "Подшипниковый узел" со спецификацией
1. Создать параметрическую модель пружины сжатия
2. Провести прочностной анализ кронштейна под нагрузкой 500 Н
3. Разработать модель червячной передачи с библиотечными элементами
4. Выполнить топологическую оптимизацию опорной плиты
5. Спроектировать корпус редуктора с ребрами жесткости
6. Построить модель трубопровода с изгибами по траектории
7. Провести анализ тепловых деформаций радиатора
8. Создать сборку "Кривошипно-шатунный механизм" с анимацией
9. Разработать модель литейной формы с литейными уклонами
10. Выполнить расчет контактных напряжений в зубчатой передаче
1. Подготовить модель детали для FDM-печати с поддержками
2. Рассчитать время и материал для печати корпуса на SLA-принтере

3. Разработать стратегию постобработки фотополимерной детали
 4. Оптимизировать ориентацию модели для минимизации дефектов
 5. Проанализировать причины брака при печати (пример с фото)
 6. Подготовить G-код для детали с внутренними полостями
 7. Разработать методику калибровки FDM-принтера
 8. Сравнить свойства PLA и ABS для заданной нагрузки
 9. Спроектировать разборную модель для печати без поддержек
 10. Разработать технологическую карту постобработки металлического прототипа
1. Задать управление шаговым двигателем через Arduino
 2. Разработать схему подключения энкодера к ESP32
 3. Создать алгоритм ПИД-регулятора для сервопривода
 4. Настроить передачу данных с датчика температуры
 5. Запрограммировать систему аварийного останова по сигналу ИК-датчика
 6. Разработать IoT-узел для мониторинга вибраций оборудования
 7. Реализовать SLAM-навигацию для мобильного робота (алгоритм)
 8. Настроить систему управления BLDC-двигателем с обратной связью
 9. Спроектировать схему BMS для Li-ion аккумулятора
 10. Разработать алгоритм распознавания объектов по цвету (Python + OpenCV)

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Аксенова, Е. А. Принципы подключения к контроллеру Arduino UNO R3 датчиков, индикаторов, исполнительных механизмов и устройств : учебное пособие для вузов / Е. А. Аксенова, В. В. Бурков, А. В. Васильков. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 84 с. — ISBN 978-5-507-51674-2.	URL: https://e.lanbook.com/book/454343 (дата обращения: 05.05.2025). - Текст: электронный.
2	Горбунов, Н. А. Аддитивные технологии и 3D-моделирование. Система автоматизированного проектирования. Лабораторные работы : учебно-методическое пособие / Н. А. Горбунов, Р. М.	URL: https://e.lanbook.com/book/454220 (дата обращения: 05.05.2025). - Текст: электронный.

	Чудинский. — Воронеж : ВГПУ, 2024. — 120 с. — ISBN 978-5-907621-97-8.	
3	3D-моделирование в инженерной графике : учебное пособие / С. В. Юшко, Л. А. Смирнова, Р. Н. Хусаинов, В. В. Сагадеев. — Казань : КНИТУ, 2017. — 272 с. — ISBN 978-5-7882-2166-3.	URL: https://e.lanbook.com/book/101868 (дата обращения: 05.05.2025). - Текст: электронный.

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

Официальный сайт РУТ (МИИТ) (<https://www.miiit.ru/>).

Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (<http://library.miiit.ru>).

Электронно-библиотечная система Elibrary.ru (<http://elibrary.ru/>).

Электронно-библиотечная система Cyberleninka.ru (<https://cyberleninka.ru/>).

Образовательная платформа «Юрайт» (<https://urait.ru/>).

Электронно-библиотечная система издательства «Лань» (<http://e.lanbook.com/>).

Электронно-библиотечная система Znanium (<http://znanium.ru/>).

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Microsoft Office (Word, Excel); Компас 3D; Python.

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные компьютерной техникой и наборами демонстрационного оборудования.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 1, 2, 3, 4 семестрах.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

А.С. Бирюков

Согласовано:

Заведующий кафедрой НТТС

П.А. Григорьев

Председатель учебно-методической
комиссии

С.В. Володин